УДК 621.791.75.037

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ИМПУЛЬСНОЙ СВАРКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАРГАНЦОВИСТЫХ СТАЛЕЙ

С.Ю. Трепова, В.П. Безбородов, А.В. Тютев*, И.В. Никонова*

Томский политехнический университет. E-mail: Svetra@yandex.ru
*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН. г. Томск. E-mail: niva@ispms.tsc.ru

Исследовано влияние режима импульсной сварки низколегированных марганцовистых сталей 10Г2С и 17Г1СУ на структуру и свойства их сварных соединений. Показано, что благодаря увеличению дисперсности структур, изменению распределения микротвердости зон и слоев, а также росту пластичности металла шва повышаются механические и эксплутационные свойства исследуемых сварных соединений.

При длительной эксплуатации металлические изделия подвергаются механическому разрушению. Это в значительной мере касается и сварных соединений труб. Одним из перспективных путей решения повышения срока эксплуатации металлоконструкций является разработка методов сварки, основанных на использовании импульсного управления энергетическими параметрами процесса сварки. Импульсный режим сварки позволяет осуществлять регулируемое тепловложение в зону сварного соединения, управлять режимом плавления и формированием структуры металла шва и зоны термического влияния (ЗТВ) [1, 2].

Нами были выполнены эксперименты по изучению влияния процесса импульсной сварки на структуру, распределение твердости и механические свойства сварных соединений труб из стали Х67 производства ФРГ (российский аналог – сталь 10Г2С) диаметром 1420 мм и сварных соединений труб из стали 17Г1СУ диаметром 1020 мм. Использовался способ односторонней многослойной дуговой сварки электродами марок ОК (Швеция) и МТГ (Россия) для стали 10Г2С и электродами марки ОК (Швеция) для стали 17Г1СУ.

Для приготовления образцов сварных соединений производилась сварка пластин в стационарном и импульсном режимах. Использовались пластины 140×300×16 мм, вырезанные из труб стали 10Г2С, и пластины 150×300×14 мм, вырезанные из труб стали 17Г1СУ. Образцы для прочностных испытаний на растяжение были вырезаны поперек сварного соединения таким образом, чтобы шов располагался посередине рабочей части образца, а испытания на циклическое растяжение (усталостная прочность) осуществлялось на образцах с прямоугольным поперечным сечением и с симметричными боковыми надрезами V-образного профиля, сделанными по середине металла шва и ЗТВ.

Измерения микротвердости проводились на приборе ПМТ-3 при нагрузках на индентор 0,5 и 1,0 Н вдоль трех слоев – корневого, заполняющего и облицовочного, а также в зонах – металле шва, ЗТВ, основном металле.

Определяли следующие механические свойства: предел прочности при растяжении, предел текучести, относительное удлинение и относительное сужение, а также усталостную прочность. Прочностные испытания проводили на установке типа "Инстрон" при скорости нагружения 10^{-4} c^{-1}, а усталостная прочность измерялась на машине "*Hydropuls*" серии PSA10 фирмы "*Schenck*" по схеме циклического растяжения с σ_{max}=400±1 МПа. Форма цикла – синусоидальная, частота – 10 Гц.

Исследование образцов из стали 10Г2С

При использовании импульсной технологии сварки в зоне сварного соединения формируются более дисперсные структуры, чем после стационарного режима сварки (рис. 1).

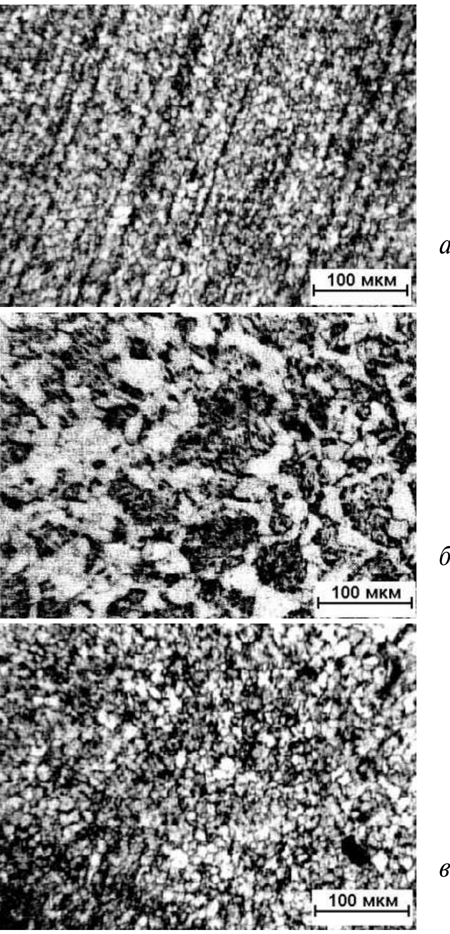
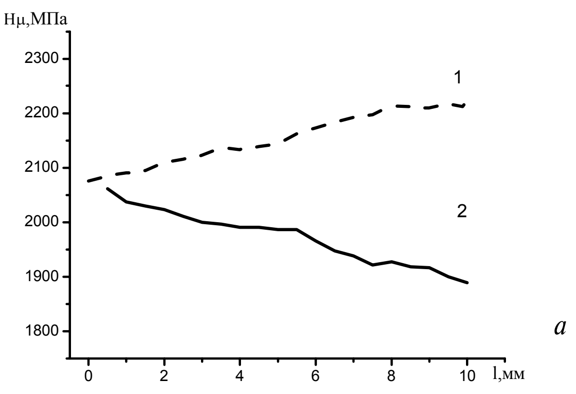


Рис. 1. *Структура: а) основного металла из стали 10Г2С, б) ЗТВ после стационарного и в) импульсного режимов сварки*

Размер зерна в облицовочном слое и ЗТВ уменьшается в 1,5...2 раза по сравнению со стационарным режимом. Формирование дисперсных структур при импульсном режиме сварки объясняется тем, что при таком режиме сварки тепловое воздействие сочетается с более интенсивным перемешиванием расплава, приводящем к измельчению структуры.



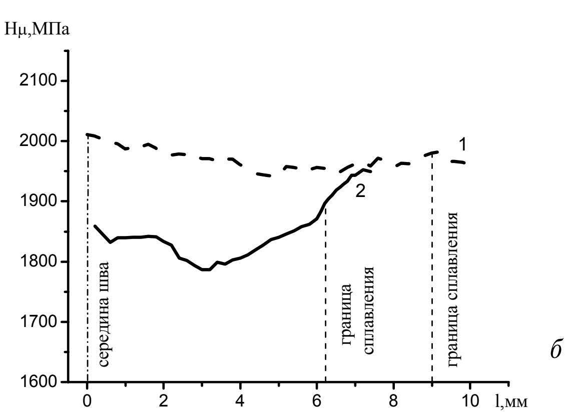


Рис. 2. *Распределение микротвердости в сварном соединении стали типа 10Г2С: а) вдоль середины шва от корневого слоя шва к облицовочному, б) вдоль корневого слоя от середины шва к основному металлу при: 1) стационарном и 2) импульсном режимах сварки*

Проведенные измерения микротвердости позволили оценить прочностную однородность шва для обоих режимов сварки. При импульсном режиме по сравнению со стационарным наблюдается иное распределение микротвердости (рис. 2), причем уровень микротвердости в сварном шве ниже, чем после стационарного режима, однако повышается пластичность металла шва, что подтверждается результатами механических испытаний (табл. 1).

Таблица 1. *Механические свойства стали типа 10Г2С после стационарного и импульсного режимов сварки*

Режим сварки	σ_{02}, МПа	σ_B, МПа	δ, %	ψ, %
Стационарный	454	540	20,3	62,8
Импульсный	448	536	24,6	60,8

Испытания образцов при статическом нагружении растяжением показали высокую прочность сварных швов, сформированных по обеим технологиям. Образование шейки и разрушение образцов во всех случаях происходили по основному металлу. Установлено, что предел прочности и текучести, а также относительное сужение образцов при переходе от стационарного режима к импульсному практически не меняются, а относительное удлинение возрастает в среднем на 20 %. Это связано с тем, что при сварке использовались электроды, материал которых имеет близкий к материалу основы химический состав, в результате чего, несмотря на образование шейки и разрушение образцов по основному металлу, все зоны сварного соединения участвуют в процессе деформации при растяжении, а получаемые при импульсном режиме дисперсные структуры повышают пластичность зон сварного соединения.

Исследование образцов из стали 17Г1СУ

На образцах из стали 17Г1СУ были проведены измерения циклической прочности металла шва сварных соединений, а также исследования распределения микротвердости и структуры металла сварных соединений. По результатам измерений микротвердости были построены графики распределения по слоям и зонам сварного соединения (рис. 3).

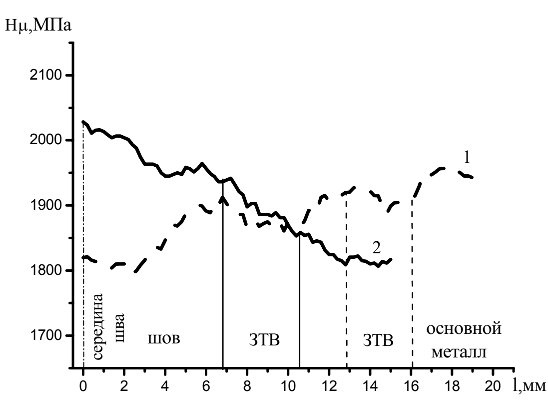


Рис. 3. *Распределение микротвердости в сварном соединении стали 17Г1СУ вдоль облицовочного слоя от середины шва к основному металлу при: 1) стационарном и 2) импульсном режимах сварки*

Структура стали 17Г1СУ и сварного шва феррито-перлитная. После импульсного режима сварки размер зерен металла шва уменьшается в среднем в 1,6 раз в облицовочном слое (рис. 4), формируется более дисперсная по сравнению со стационарным режимом структура заполняющего слоя, а также в ЗТВ (рис. 5). Учитывая то, что сварные конструкции в процессе работы часто подвергаются повторно-переменным нагрузкам, вызывающим разрушение металла [3], нами были проведены сравнительные испытания циклической прочности сварных соединений, выполненных в стационарном и импульсном режимах (по три образца на каждый режим сварки). Испытания показали, что усталостная прочность образцов после импульсно-дуговой сварки превышает значения усталостной прочности образцов при стационарном режиме в 1,4 раза в области ЗТВ и в 1,7 раз в металле шва (табл. 2).

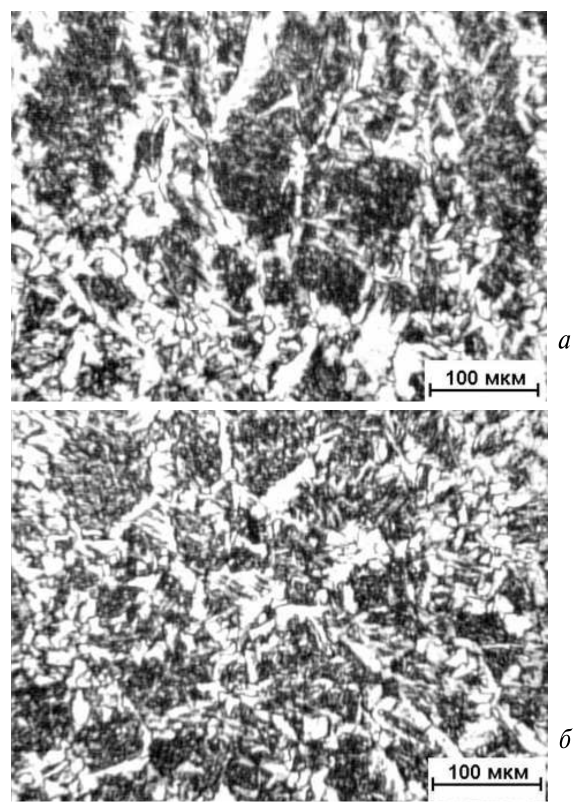


Рис. 4. *Структура металла шва стали 17Г1СУ после: а) стационарного и б) импульсного режимов сварки*

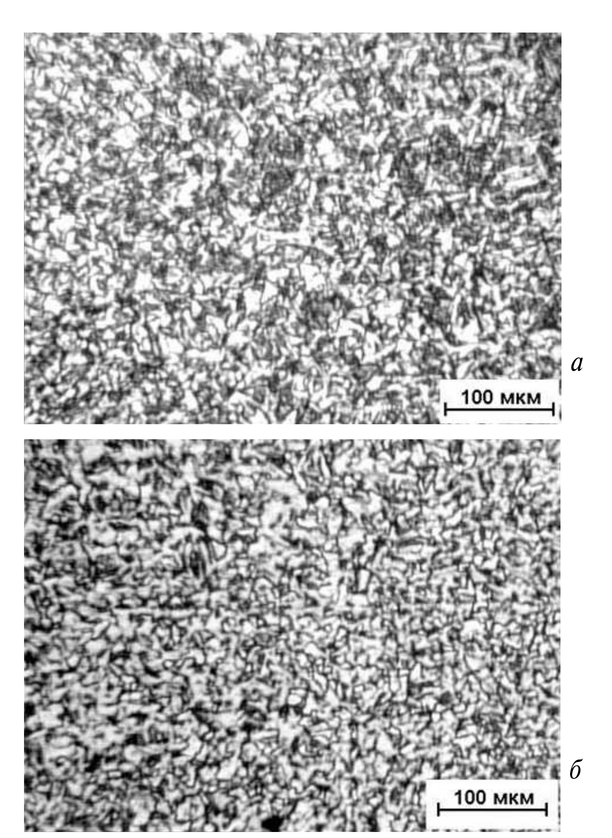


Рис. 5. *Структура ЗТВ стали 17Г1СУ после: а) стационарного и б) импульсного режимов сварки*

Таблица 2. *Средние значения числа циклов до разрушения шва сварных соединений стали 17Г1СУ после сварки электродом типа ОК (Швеция)*

Зона сварного соединения	Режим сварки	
	стационарный	импульсный
Шов	70255	122055
ЗТВ	79470	114880

Таким образом по уровню механических свойств, однородности распределения твердости и дисперсности структуры сварные соединения, полученные при импульсном режиме сварки, превосходят полученные при стационарном режиме. Вследствие формирования более дисперсных структур после импульсно-дуговой сварки повышаются пластичность сварных соединений стали типа 10Г2С (без снижения его основных прочностных свойств), а также усталостная прочность сварных соединений стали 17Г1СУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Тютев А.В., Никонова И.В., Полетика И.М., Кирилова Н.В., Козлов А.В., Екимов В.С., Севастьянов С.П. Повышение механических свойств и структура неразъемных соединений труб нефте- и газопроводов из низколегированных марганцовистых сталей после импульсной сварки // Технология машиностроения. — 2003. — № 6. — С. 41–44.
2. Сараев Ю.Н., Полетика И.М., Козлов А.В., Кирилова Н.В., Никонова И.В. Влияние режима сварки на структуру, распределение твердости и механические свойства в сварных соединениях паропровода // Сварочное производство. — 2002. — № 8. — С. 3–8.
3. Жадан В.Т., Полухин Л.И., Нестеров А.Ф., Вишняков А.Ф., Гринберг Б.Г. Материаловедение и технология материалов. Учебник для вузов. — М.: Металлургия, 1994. — 624 с.